

# METHOD OF CHANGING CHARACTERISTICS OF ELECTRIC WAVE ABSORPTION MATERIAL

Publication number: JP2003243876

Publication date: 2003-08-29

Inventor: KOZUKA YOJI

Applicant: KOZUKA YOJI

Classification:

- international: **H05K9/00; H05K9/00**; (IPC1-7): H05K9/00

- european:

Application number: JP20020103095 20020227

Priority number(s): JP20020103095 20020227; JP20010402579 20011210

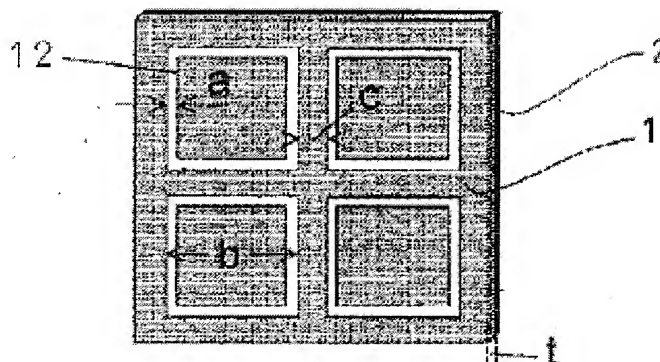
[Report a data error here](#)

## Abstract of **JP2003243876**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively change matching characteristics and maintain constant characteristics of an electric wave absorption material by changing composition of the electric wave absorption materials.

**SOLUTION:** The electric wave absorption material comprises a conductor, a dielectric and a magnetic material which are adhered, sprayed, coated, deposited, or printed partially on the surface the electric absorption material in an adjusted distribution ratio. Thus, matching characteristics of the electric wave absorption material are changed such that matching is available at a lower or higher frequency domain than that where matching was inherently available to an electromagnetic wave absorption material. Further, a conductor device mounted on the surface of the electric wave absorption material, in particular, is electrically coupled to a conductor board which is closely contacted with the back of the electric wave absorption material, or part of the conductor device is inserted into the electric wave absorption material, thereby substantially changing the matching characteristics such that matching is available at the lower frequency domain.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-243876

( P 2 0 0 3 - 2 4 3 8 7 6 A )

(43) 公開日 平成15年 8 月29日 (2003. 8. 29)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

H05K 9/00

識別記号

F I

H05K 9/00

ターマコード (参考)

M 5E321

審査請求 未請求 請求項の数25 書面 (全17頁)

(21) 出願番号 特願2002-103095 ( P 2002 - 103095 )

(22) 出願日 平成14年 2 月27日 (2002. 2. 27)

(31) 優先権主張番号 特願2001-402579 ( P2001 - 402579 )

(32) 優先日 平成13年12月10日 (2001. 12. 10)

(33) 優先権主張国 日本 ( J P )

(71) 出願人 591000023

小塚 洋司

神奈川県藤沢市弥勒寺 1 丁目23番27号

(72) 発明者 小塚 洋司

神奈川県藤沢市弥勒寺 1 丁目23番27号

F ターム (参考) 5E321 AA33 AA44 BB25 BB32 BB51

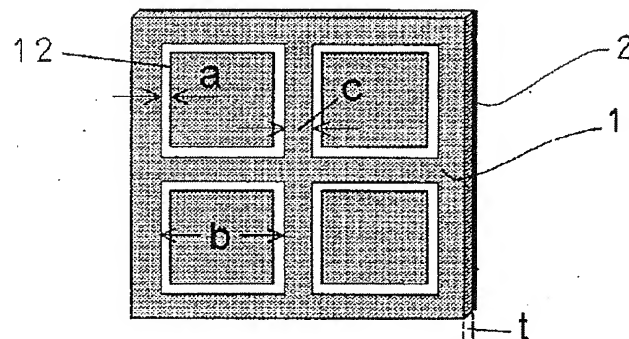
GG11 GH01

(54) 【発明の名称】 電波吸収体の特性変更方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 電波吸収材の構成手段によって、整合特性を効果的に変更し電波吸収体の安定した特性を維持する。

【解決手段】 電波吸収体の表面に部分的に導体や誘電体や磁性遺体を接着、またはスプレー、塗布、蒸着、印刷するなどの手段で、これら材料の分布割合を調節して電波吸収体を構成し、整合周波数特性をこの電波吸収体が本来持っている整合周波数より低い周波数領域や高い周波数領域で整合が取れるよう特性を変更する。また、とくに電波吸収材の表面に装着した導体素子と電波吸収体背面に密着させる導体板とを電氣的に結合したり、この導体素子の一部を電波吸収材に挿入して整合周波数特性を低周波領域に大きく変更する方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】電波吸収体材料の表層面に電波吸収材とは異なる材料から成る素子を部分的に装着し、この素子の占有率を変えて、電波吸収特性を変更する方法。

【請求項 2】一つの線状素子が閉じた形状をなしており、単体では電磁波的に誘導性を示すこの素子を周期的に配列して、低周波域では容量性を示し、高周波域では誘導性を示すようにあらかじめ素子の寸法および形状を決定し、これを電波吸収体材料の表層面に装着し、電波吸収体が本来持っている電波吸収特性を低周波域と高周波域で、双峰特性をもつように電波吸収特性を変更することを特徴とする電波吸収体の特性変更方法。

【請求項 3】複素比透率の実部、虚部の値が共に大きく、かつ複素比誘電率の実部が大きい電波吸収体材料の表層面に線状素子を部分的に装着し、電波吸収材料が本来有している整合周波数より低周波領域に整合周波数を変更し、電波吸収体の構成を薄層化することを目的とした電波吸収体の特性変更方法。

【請求項 4】電磁波的には誘導性を示す線状格子を、電波吸収体材料の表層面に装着し、電波吸収体が本来持っている電波吸収特性を高周波領域に変更することを特徴とする電波吸収体の特性変更方法。

【請求項 5】電波吸収体材料の表層面に、この電波吸収体材料とは異なる誘電体を部分的に装着し、この誘電体の占有率および誘電率を変えて、電波吸収特性を変更する方法。

【請求項 6】電波吸収体材料の表層面に、この電波吸収体材料とは異なる磁性材料を部分的に装着し、この磁性体の面積占有率および透磁率を変えて、電波吸収特性を変更する方法。

【請求項 7】請求項 1 ないし 6 における電波吸収材料表層面に装着する導体や誘電体、磁性体を多重周期構造に配置して、電波吸収特性を変更する方法。

【請求項 8】基板上に、基板構成材料とは異なる導体や誘電体、磁性体を用いて、所定の形状の素子を部分的に装着したものを多層化して、これらの基板を電波吸収体材料の表層面に密着させ、電波吸収特性を変更する方法。

【請求項 9】請求項 8 記載の基板を電波吸収体材料の内部や電波吸収体材料とこの背面に位置する導体板との間に介在させたことを特徴とする電波吸収体の特性改善方法。

【請求項 10】無損失性の誘電体基板上に、導体素子を部分的に装着して構成した基板をあらかじめ複数枚構成し、各基板上の素子の寸法とこれらの基板相互の組み合わせおよび基板間の間隔を調節して多層化し、電波吸収材料部分を構成し、電波吸収特性を変更することを特徴とする電波吸収体。

【請求項 11】請求項 10 記載の無損失性の誘電体基板上に、導体から成る素子を部分的に装着して構成する基

板において、この誘電体基板に導体を添加混成して構成したものをを用いて、電波吸収特性を変更することを特徴とする電波吸収体。

【請求項 12】上記請求項 1 ないし 7 記載の電波吸収体の構成法において、電波吸収体材料表面に装着した素子と電波吸収体材料背面の導体板とを電気的に結合した構造によって、電波吸収特性を変更する方法。

【請求項 13】請求項 1 ないし 7 記載の電波吸収体の構成において、電波吸収体材料表層面に装着した素子部分の一部を表面に残し、その一部を電波吸収体背面の導体板と接触しないように電波吸収体材料内の表層面に挿入し、電波吸収特性を効果的に変更することを特徴とする電波吸収体の特性変更方法。

【請求項 14】電波吸収体材料の表層面に導体を全面的に薄く装着し、この導体の導電率を変えて、電波吸収特性を低周波領域に変更する方法。

【請求項 15】電波吸収体の電波入射面と反対側で、電波吸収体材料とこの背面に位置する導体板との間の電波吸収体材料面に、導体を薄く分布させることによって電波吸収特性を低周波領域に移動させて改善する方法。

【請求項 16】電波吸収体材料の背面に装着する導体板において、空孔を設けて導電率を低下させ、同時にこの導体板の厚さを調整して、使用する電波吸収材が本来有している電波吸収特性より低周波領域へ電波吸収周波数を移動させて、所望の電波吸収特性を実現し電波吸収特性を改善する方法。

【請求項 17】上記請求項 1 ないし 14 の電波吸収体の特性変更方法に、請求項 15 もしくは 16 の手段を組み合わせさせて電波吸収体を構成し、電波吸収特性を改善する方法。

【請求項 18】上記請求項 1 ないし 4、および 10 ないし 13 の構成原理に基づき、素子として導体を用い導体部に電流を流し、電波吸収体を加温し、氷結や結露を防止する機能を持たせた電波吸収体。

【請求項 19】上記請求項 1 ないし 4、および 7 ないし 14 の構成原理に基づき、素子として導体を用い電波吸収特性を変更する方法において、この導体部に電流を流すことによって導電率が変化する導電性材料を用いて、電波吸収特性を電気的に変化させることを特徴とする電波吸収体の特性変更方法。

【請求項 20】部分的にスピンの配向方向を制御して磁性電波吸収材料を製造し、同一材料に対し異なった材料定数を分布させ、電波吸収特性を変更する方法。

【請求項 21】部分的に永久磁石材を磁性電波吸収材料に含有させて、スピンの配向方向を制御した材料を用いて、電波吸収特性を変更する方法。

【請求項 22】電波吸収体材料を円筒形の細長い紐状に構成したものを、所定の分布基準に従って束ねて一体化し、これを紐の軸に直角に所定の厚さで切断して構成する電波吸収体において、円筒半径を変更して、空隙部の

10

20

30

40

50

大きさを調節して電波吸収特性を高周波側に変更することを特徴とする電波吸収特性の変更方法。

【請求項 2 3】請求項 2 2 の電波吸収体において、表面を薄い低誘電率の誘電体の材料で覆っても電波吸収特性が大きく低周波領域に移行しないことに基づいて、この誘電体膜で空隙部を塵埃の蓄積から保護し経年変化を防止する方法。

【請求項 2 4】請求項 2 2 の電波吸収体において、表面を高誘電率の誘電体材料で覆い、電波吸収特性を大きく低周波領域に移行させる方法による電波吸収特性の変更方法。 10

【請求項 2 5】上記請求項 1 ないし 2 4 の方法で、電波吸収周波数特性を変更し、電波吸収特性そのものも改善したことを特徴とする電波吸収体。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】本発明は電波吸収体に関する。

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】従来の、既存の電波吸収材料を使って、本来持っている電波吸収体の周波数特性を他の周波数帯に変更したり、また電波吸収特性そのものを改善する方法として、磁性材料に全面的に静磁界を印加したり、電波吸収体に微小な空孔を設けたりする方法等が公知である。これらの方法のうち、前者の磁界を印加する方法においては、磁性電波吸収体に静磁界を印加すると、磁界が強まるにつれ電波吸収特性は（以後整合特性という）、高周波領域に移行してゆく。また、後者の微小空孔を設ける方法も、微小空孔の寸法を調節することによって、整合特性は高周波領域に移行する特性を示し、これらの方法では、低周波領域に整合周波数を変更することが出来ないという問題があった。また高周波領域に電波吸収特性を変更するために、より簡便な方法が求められている。さらに、とくに電波暗室を構成している電波吸収体の基板にしているフェライトに対しては、広帯域化を改善するために電波吸収特性が双峰特性を持つものが求められている。これらの問題を解決するために、本願では、電波吸収材料の表層面や、その背面に電波吸収材料とは異なった材料を部分的に装着して電波吸収特性を効果的に変更する方法を提供している。まず請求項 1 に関しては、FDTD 30

(Finite-difference time-domain method) 法による理論解析で見出したものを実験で実証した発明で、例えば、電波吸収材料の表層面に、電波吸収材料とは異なる材料から成る素子を部分的に装着し、この素子の占有率を変えて、電波吸収特性を変更する方法に関するものである。ここで、素子を部分的に装着するとは、導体や磁性体や誘電体を面状や線状、点状の形態で周期的あるいは非周期的に、すなわちランダムに配置することを意味している。例えば、線状の導体を環状、つまりループ状に装着したり、線状や面状の導体格子や、十文字構造、同心的多重円などを装 50

着したりすることに相当する。また装着とは、導体などからなる素子を電波吸収体材料の表面に接着、またはスプレーで素子を描いたり、塗布、蒸着、印刷したりする手段を意味している。また、素子とは、電波吸収体を構成している電波吸収材料とは異なった材料から構成され、導体や誘電体や磁性体などから構成されているもので、電波吸収材料表面に部分的に装着して、電波吸収特性を変更する作用を持つものを意味している。また、他の問題解決手段として、請求項 2 および 7、8 を応用したものとして、例えば、電磁波的に誘導的な性質を有する環状素子を電波吸収体に二層にして装着し、本来単峰特性の電波吸収特性を双峰特性に変更するという問題を解決している。これらに対し、請求項 4 は、例えば、導電性線状格子を電波吸収材に装着するという簡単な手段で電波吸収特性を高周波側に変更するという問題を解決している。また、請求項 1 0、1 1 では、従来の電波吸収材料を用いず、基本的に本来反射体である導体に電波吸収機能を持たせ、この構成基板に無損失性の誘電基板を用いて電波吸収体を構成するもので、この構成で電波吸収特性の変更を可能にしている。これらの構成形態の決定は、FDTD 法によるコンピュータ支援設計法で可能にしている。これらの方法のうち、電波吸収体の表面に、本来電波反射体である導電性材料を付与する場合は、この導電性材料に電流を流し電波吸収体を加温することによって、特に近年問題となっている屋外設置の電波吸収体の氷結や結露による電波吸収特性の劣化の問題を解決することが出来る。また、多層型電波吸収体の各層間の結合は、従来接着剤が利用されてきた。しかし、屋外の過酷な環境では、電波吸収材相互間の剥離の問題があった。請求項 1 2 に関する本発明では、電波吸収材料表面と同吸収体背面板である導体材とを電気的に結合し、電波吸収特性を改善するものである。この方法によれば、比較的簡単に多層電波吸収体を強化でき、上記剥離の問題を解決すると同時に、電波吸収特性をも改善できる。請求項 1 5、1 6 は、電波吸収体背面に低誘電率の導体板をあてがい、電波吸収特性を改善し、かつ導体板の厚さを制御して、電波吸収特性を低周波側に移行する方法を提供している。電波吸収体の背面短絡導体の定数を変えて特性を改善することはすでに公知であるが、低周波域に電波吸収特性を移行する手段はこれまで提案されていない。また、請求項 1 7 は、請求項 1 ～ 1 4 の手段と請求項 1 5 もしくは 1 6 のいずれかの手段を組み合わせ、電波吸収周波数の変更や特性改善の問題を解決しようとするものである。また、請求項 2 0 に関しては、磁性材料製造過程で磁性体の微小電子磁石であるスピンを部分的に制御した電波吸収体材料を構成し、部分的に透磁率の異なる材料を作成し、電波吸収特性を変更もしくは改善することを課題にしている。さらに、請求項 2 1 に関しては、磁性材料に部分的に、磁石材料である磁化された硬磁性材料を混入した材料を構成し、電波

吸収特性を変更もしくは改善する事を課題にしている。以上のような技術を用いて、電波吸収体の特性改善および周波数特性の変更の問題を解決すると共に、請求項 18 の手段で屋外設置の電波吸収体の結露や氷結による電波吸収特性の劣化防止などの問題を解決することが、本発明の主な解決すべき課題である。以下の解決手段で、各請求項に関し具体的記す。

【課題を解決するための手段】本願の目的を実現するための解決手段について、以下請求項別に記すが、各請求項全体に共通している用語について、はじめに明記しておく。ここで、本願の素子とは、導体や誘電体や磁性体から構成されているもので電波吸収材料とは異なる材料からなり、表層面に部分的に装着し、電波吸収特性を変更する作用を持つものを意味している。また、部分的とは、形態的には点、線、面からなる導体や誘電体および磁性体で構成されるか、または、これらのいずれかの選択の組み合わせからなり、電波吸収材料表面に装着する個々の素子が、周期的や非周期的、すなわちランダムに配置されることを意味している。また、これらの素子の一部を表面に残しその一部が電波吸収材に部に挿入されていることを意味している。したがって、表層面とは、表面だけの場合と表面と深さ方向の近傍を含む領域を意味している。また、個々の素子は、独立している場合と、素子同士が互いに連結されて電氣的に結合している場合とに分類され、独立に素子を配置した場合は、主として入射波の波長に依存して電波吸収体に容量性が付与されたり、誘導性が付与されたり、これら両方の効果が現れ、これらが電波吸収特性に反映される。また、導体、誘電体や磁性体から構成する電波吸収材料表面に装着する個々の素子が独立して周期的や非周期的に配置されているものを電氣的に連結すれば、電波吸収体には、主として誘導性が付与され、これらが電波吸収特性に反映される。また装着するとは、電波吸収材表面に接着、またはスプレー、塗布、蒸着、印刷するなどの手段で、導体などの素子を形成することや、電波吸収材料表層面に窪みを設け、個々の素子を表面に一部残し埋め込む手段を含んでいる。後者の個々の素子を一部埋め込む手段によって、周波数変更特性は一層効果的に広帯域に変更でき、この手段はとくに低周波領域への変更に有効である。ここで本願の電波吸収体材料とは、一般に定義されている磁性体電波吸収材料、誘電体電波吸収材料、導電性電波吸収材料を意味している。以下では、これを電波吸収材や電波吸収材料などと略して使う。また、電波吸収体とは、その構成形態が平板状、山形、ピラミッド型と称されるものなどを意味しており、これらに点状、線状、面状からなる導体や誘電体および磁性体をから成る素子を装着して電波吸収特性を変更する手段を用いている。これらの課題を解決するための解決手段を各請求項別に以下に詳述する。まず、本発明の請求項 1 は、F D T D 理論解析で見出したものを実験で実証したもので、

電波吸収体材料の表面に部分的に素子を装着し、電波吸収体を構成し、素子の占有率を変えるという手段で、電波を吸収する周波数（以下整合周波数特性ともいう）を、この電波吸収体が本来持っている整合周波数より低い周波数領域や高い周波数領域で整合が取れるように解決するものである。この場合、電波吸収材料として、とくに磁性電波吸収体を用いる場合に有効で、比透磁率の実部および虚部が共に大きく、比誘電率の実部が大きい材料を用いて効果的に低周波側に電波吸収特性を変更する手段を取っている。請求項 2 は、一つの線状素子が閉じた形状をなしており、これが周期的に配列している場合である。線状素子の閉じた形状とは、例えば後述の第 2 の実施例で示すような環状の素子を意味している。後述の第 2 の実施例で示すように、電磁波入射に対して単体では誘導性を示す環状導体の素子を周期的に配列することによって、低周波の入射電波に対しては環状導体を複数個配列したものが、波長との関係で容量が電波吸収体に装荷されたことと等価となり、容量性が電波吸収体に付与され、また高周波の入射波に対しては、独立した個々の環状導体素子が機能するよう動作して誘導性を示すようになる。したがって、所望の条件を満たすように周期的に構成された環状素子の寸法をコンピュータ解析で決定し、これを電波吸収体表面に装着すれば、電波吸収体が本来持っている電波吸収特性に対し、低周波域と高周波域で電波を吸収することが同時に出来るという双峰特性をもつ電波吸収特性が得られる。この場合、広帯域わたり吸収特性を見た場合は、多峰吸収特性も得られる。請求項 2 はこのような手段で電波吸収体の特性変更を行っている。なお、この場合、閉じた形状の素子は必ずしも導体である必要はなく磁性体や誘電体で構成できる。また、電波吸収材料上に閉じた線状素子を周期的あるいは非周期的に配置した場合、これら各素子を相互に接続した素子構成にすると誘導性が強まり、この手段によっても電波吸収特性を変更出来る。なお、ミリ波帯では、微細な環状素子を描く必要が生じるが、これは集積回路技術で可能となる。請求項 3 は、電波吸収材料表面に線状素子を装着する場合において、複素比透率の実部、虚部の値が共に大きく、かつ複素比誘電率の実部が大きい電波吸収材料を用いるという手段をとれば、その電波吸収材料が本来有している整合周波数より低周波領域に大きく整合周波数を変更させることが出来、この結果として電波吸収体の構成を薄層化するという、電波吸収体の特性変更方法に関するものである。請求項 4 は、例えば、電磁波的には誘導性を示す線状導体格子を、電波吸収体材料の表層面に装着する手段によって、電波吸収体が本来持っている整合周波数特性を高周波領域に変更するという電波吸収体の特性変更方法に関するものである。請求項 5 は、電波吸収体材料の表面に誘電体を部分的に、つまり周期的や非周期的に装着し、この誘電体部の占有率および誘電率を変えて、電波吸収特性を低周

波領域に変更する手段を取る。これは特に磁性材料の電波吸収材料に施して有効である。請求項6は、電波吸収体材料の表層面に磁性材料を部分的に装着し、この磁性体の面積占有率および透磁率を変えて、電波吸収特性を変更する手段を取る。これは、特に誘電性電波吸収材に対して有効である。これら請求項1や5および6の考え方は、以下のような考えに端を発している。すなわち、フェライトのような磁性電波吸収材を高周波伝送線路で表せば、抵抗とインダクタンスからなる等価回路で表される。このため、電波吸収材表面にキャパシタンスを構成する導体や誘電体を配置することによって、キャパシタンスをこの等価回路に付加したことに相当し、共振回路が構成される。この結果、整合周波数を低周波数域に変更できる。したがって、誘電性電波吸収材料に対しては、磁性電波吸収材料との双対関係を考えれば、誘導性素子、つまり磁性体をこの誘電性電波吸収体材料に装荷すれば効果的に電波吸収特性を変更できる。このことが請求項1、5、6の基本解決手段となっている。請求項7は、請求項1ないし6における電波吸収体材料表層面に装着する導体や誘電体、磁性体を多重周期構造に配置して、電波吸収特性を変更する手段を取っている。すなわち、多重周期構造とは、これら材料による微小な単一素子による周期構造の集合体を一定の形状を有する構成にし、この一つの集合体を基本素子とし、この基本素子をさらに電波吸収材料表層面に周期的に配列するという手段で、電波吸収特性を変更するというものである。これは、例えば、請求項3の電波吸収体上に装着する誘電体の誘電率と占有率をあらかじめ決定し、所定の整合特性が得られたものを、等価的に導体で実現するために有効である。つまり、一定の導電率を有する導体の微小な素子の周期的な集合体から成る基本素子の中の導体分布割合を調節して、一つの誘電体素子と等価な電気定数を持つ基本素子を実現する手段を提供してくれる。一般に、理論的に割り出された電気定数を材料製造に際し、忠実に実現することは困難な場合が多い。請求項5は、電気定数を変更せず、一定の導電率を持つものの形態を変化させて、等価な電気定数を実現するという手段の発明である。なお、この基本素子を構成する材料の分布は必ずしも周期的でなくランダムであっても良い。請求項8は、基板上に基板構成材料とは異なる導体や誘電体、磁性体を用いて、任意の形状の素子を部分的に装着して構成した単一基板を、さらに多層化して、この多層化した基板を電波吸収体材料の表面に装着し、電波吸収特性を変更する手段を取る。例えば、後述の第2の実施例に示すように、本発明は無損失に近い誘電体の基板上に環状導体素子を周期的に形成し、これを多層化したものを電波吸収体材料の表面に装着することによって、請求項2の双峰整合特性特性を有する電波吸収特性をより効果的に実現できる手段を提供している。なお、この場合、基板の表裏にも任意の形状の素子を構成することが

出来る。請求項9は、請求項8記載の基板を電波吸収体材料の内部や電波吸収体材料とこの背面に位置する導体板との間に介在させたことを特徴とする電波吸収体の特性改善手段を与えるものである。請求項10は、無損失性の誘電体基板上に導体からなる素子を部分的に装着して構成した基板を複数枚構成し、各基板上の素子の寸法とこれらの基板相互の組み合わせを調節したものを多層化し、電波吸収体を構成する手段をとる。各基板上の素子の寸法とこれらの基板相互の組み合わせを調節し電波吸収特性を変更する。例えば、誘電性の基板上に導体素子を周期的に配列し、この周期配列素子の構成寸法は電磁波的に共振する各種のものを用意しておき、これを多層に重ねて、電波吸収体を構成し、所定の整合周波数特性を得る方法である。ここで無損失性の誘電体とは、完全に電波的に無損失の誘電体が存在しないことから発砲スチロールのような低誘電率であることを意味している。また、この場合無損失性の誘電体基板として、ガラスや紙、ビニールなどの建材を使うことが出来、採光性や室内壁面や、電子機器筐体への本電波吸収体の応用が可能となる。つまり本発明は、従来電波吸収体に用いられてきた誘電性、磁性、導電性の各電波吸収体材料を使わず、基本的に導体だけで共振特性を利用し電波吸収体を構成するという発明であり、とくにこれはミリ波領域で有効となる。この構成において、表面を絶縁性に保つ場合は、表面側に導体素子に等価な誘電体、特に強誘電体や他の絶縁性材料を素子として用いる手段を取る。請求項11では、請求項10記載の無損失性の誘電体基板上に、導体からなる素子を部分的に装着して構成する基板において、この誘電体基板に導体を混入したり、また蒸着、塗布したりして、損失性や高透磁率特性を付与したものをを用い、電波吸収特性を変更する手段を導入している。混入する導体としては、粉末状、繊維状、フレーク状などを用いることが出来、これらの導体の導電率はステンレスや銅など高導電率のものをを用い、抵抗性のものでなくてよい。これは請求項10に対して電波吸収特性の広帯域化を図る手段を与える。次に、請求項12は、電波吸収体材料の表面に装着した導体と電波吸収体材料の背面に密着させる導体板とを電氣的に結合するという手段で、整合周波数特性を低周波領域に変更するものである。この手段によれば、電波吸収体材料の表面と同吸収体材料の背面板である導体材とが電氣的に結合出来ることから、電波吸収体材料表面や裏面からホチキス材のようなものを打ち込み、比較的簡単に多層電波吸収体を強化出来、多層電波吸収体の剥離の問題も同時に解決出来る。請求項13は、後述の第8の一実施例に示すように、請求項1ないし7記載の電波吸収体の構成において、電波吸収体材料表層面に装着した素子部分の一部を表面に残し、その一部を電波吸収体背面の導体板と接触しないように電波吸収体材料内の表層面に挿入し、導体素子と導体板を電氣的には絶縁した構造を保つ手段



で、電波吸収特性を変更する。また、これは電波吸収材料表層面に窪みを設け、個々の素子を表面に一部残し埋め込む手段を含んでいる。この手段によって、整合周波数をより大きく変更でき、とくに低周波領域への変更に有効である。請求項 14 は、電波吸収体材料の表面に導体を全面的に薄く装着し、この導体の導電率を変えて、電波吸収特性を低周波領域に変更する手段を取る。この場合、導体層は比較的薄くてよく、この導電率を制御する手段で整合周波数を変更もしくは改善している。また、請求項 15 は、電波吸収体材料の背面導体板に接触する面に、導体を部分的に分布、もしくは薄くスプレーおよび塗布や蒸着する手段で、整合周波数特性を低周波領域に移動させることが出来その上、整合特性を大幅に改善出来る。また、薄くスプレーや塗布、蒸着するとは、電波吸収体の背面導体板の導電率より低導電率のものをを用いるということの意味している。この特性は、FDTD 理論解析で見出し、実験によって確認したものである。この手段で整合特性が改善出来るため、整合厚を薄くすれば、再び電波吸収特性を高周波領域に戻すことが出来、結果として電波吸収体の薄層化が達成できる。この場合、電波吸収体材料の背面導体板に接触する面の導体を部分的に分布させることは、実質、導電率の値を制御することである。この手段によれば、一定の導電率を有する導体板に空孔を設け、同時に最適な電波吸収特性を得るために導体板の厚さも調整して、導電率を調整するという手段の考え方に及ぶ。このため、通常の銅板や真鍮、ステンレス板のような高導電率の導体板に空孔を設け導電率を低下させる手段と同時に、その厚さを所定の厚さに制御したものを電波吸収体材料の背面に密着させても、空隙を設けて装荷しても同じ効果が得られる。なお、この場合の空孔導体板は、強誘電体や磁性体でも置き換えることが出来る。これが請求項 16 の意味する電波吸収特性改善の手段である。また、請求項 17 は、上記請求項 1 ないし 14 の電波吸収体の特性変更方法に請求項 15 もしくは 16 の手段を組み合わせることで電波吸収体を構成し、電波吸収特性の一層の改善、つまり電波吸収特性の低周波領域への移行および薄層化を達成する手段を与えるものである。請求項 18 は、請求項 1、2、3 のように導体や、または抵抗性材料を電波吸収体に装着する表面素子とする場合には、本来電波反射体である導電性材料を付与することができることから、この導電性材料に電流を流しジュール熱を利用して、電波吸収体を加温することによって、特に屋外設置の電波吸収体の氷結や結露の防止に応用できる。この場合、公知の形状記憶合金や形状記憶樹脂を併用することによって、電波吸収体を一時的に変形させる手段で、氷結や結露を振り払い除去することが出来る。請求項 19 は、上記請求項 1 ないし 4、および 7 ないし 14 の構成原理に基づき、素子として導体を用い電波吸収特性を変更する場合において、この導体素子部に電流を流すことによって導

電率に変化する導電性材料を用いて、電波吸収特性を電気的に変化させる手段によって電気的に整合周波数を変更している。さらに請求項 20 は、別の電波吸収特性の変更方法として、磁性材料製造過程で磁性体の微小電子磁石であるスピンの配向を部分的に制御した電波吸収材を製造するという手段によって、部分的に透磁率の異なる材料を構成し、電波吸収特性を変更もしくは改善している。また、請求項 21 に関しては、電波吸収用の磁性材料に磁石材料である磁化された磁性材料を部分的に混入した材料を構成する手段によって、整合周波数特性を変更もしくは改善している。請求項 22 は、ゴムフェライトのような電波吸収体材料を円筒形の細長い紐状に構成したものを、束ねて一体化し、これを紐の軸に直角に所定の厚さで切断して構成する電波吸収体において、円筒半径を変更して、空隙部の大きさを調節して電波吸収特性を高周波側に変更する手段を取る。この場合、異なった電波吸収材料を複数用いる場合は、所定の分布規則にしたがって、これらを束ねて構成する手段で種々の電波吸収特性を実現している。また請求項 23 は、請求項 22 のように構成した電波吸収体において、表面を薄い低誘電率の材料で覆う手段で空隙部を塵埃の蓄積から保護し、経年変化を防止する方法である。さらに請求項 24 は、請求項 23 の電波吸収体において、表面を高誘電率の誘電体材料で覆う手段で電波吸収特性を大きく低周波域に移行させるものである。勿論、これら請求項 23、24 の手段は、空隙部にこれらの性質を有する誘電体を埋め込む手段でも同等の効果が得られる。したがって、このことから演繹すれば、本願の各請求項の電波吸収材料表層面に装着する素子を保護するために、この表面を低誘電率の不燃性樹脂等でコーティングする手段を用いても、上述の各請求項の手段によって所望の整合特性に変更できる。以上述べたように本発明の整合周波数特性の変更方法は、主として電波吸収体の材料定数を変えることを目指すのではなく、あらかじめ選択した単一の材料に対して、付与する素子の外部的な形態だけをコンピュータ支援設計法によって割り出し変更するという手段で、整合周波数特性を変更するものである。このため調節し得る寸法や形状が多数存在する。したがって、電波吸収体の整合周波数を変更するだけでなく、これらの寸法や形状を調節して整合特性そのものを改善することが出来る。これが、請求項 20 の意味する解決手段である。

【発明の実施形態】 上述のように、本発明による各請求項記載の電波吸収体の形態は、電波吸収材料の表層面や電波吸収体の背面導体に接触する部分の電波吸収体材料面上に、導体や誘電体や磁性体を部分的、または薄くスプレーしたり、接着や塗布および蒸着、印刷する構成であって、これによって整合周波数特性をこの電波吸収体が本来持っている整合周波数より低周波領域や高周波領域に変更させたり、整合特性を改善するものである。ま

た、磁性電波吸収材のスピンを部分的に変更して、整合特性を改善するものである。以下実施例を持って具体的に構成方法について述べる。

【実施例】〔第 1 の実施例〕図 1 は、本発明における請求項 1 および 2 に関連する本発明の一実施例で、電波吸収体の構成法を示している。この例では電波吸収材料

(1) を背面導体板 (2) に密着させてある。この構成において、電波吸収材料 (1) の表面、つまり電波入射面に導電性材料 (3) つまり導体素子が一定の間隔を空けて配列し装着してある。図 1 は、導電性材料 (3) をストライプ状に配列した場合であり、図 2 は面状格子の導電性材料 (3)、つまり導体素子を周期的に配列した場合の実施例である。FDTD 法による理論解析によれば、図 1 のように、隣接導電性材料間の間隔  $b$  (4) を一定の 1 mm とし、かつフェライト厚を 6, 25 mm の一定に保ち、ストライプ状の導電性材料の幅  $a$  (5) をパラメータに取り 2 mm から 16 mm まで変化させて電波吸収特性を算出すると、同図 3 に示すよう、ストライプ状の導電性材料 (3) 無装荷時の本来の整合特性に対し、整合周波数特性がストライプ状の導電性材料の幅  $a$  (5) が増加することによって、低周波領域に移行してゆく特性を示す。同図で縦軸はデシベル表示の反射減衰量を横軸が周波数であり、導電性材料としてテープ状のアルミ材を用い、このストライプ状の導電性材料の幅  $a$  (5) をパラメータにとった例である。この図 1 の実施例は、入射波の偏波面に依存する構成例である。図 4 はこの場合の理論解析値と実験値を比較したものである。本実施例では、導電性材料として銀ドータイトやアルミ材を用いており、図 3、4 はアルミ材を用いた場合である。また、図 7 は、同じく請求項 1 に関連する実施例で、図 2 のように、ここでは一定の大きさを有する面状格子の導電性材料 (3) を極めて近接して配列した場合で、図 7 の A は格子状の面状導体をつけない場合、D は付けた場合である。このいずれの実施例においても、大きく整合周波数域を低周波域に変更できる。本実施例のように、電波吸収材料として磁性材料を用いた場合は、比透磁率の実部および虚部が共に大きく、比誘電率の実部が大きい材料を用いて、効果的に電波吸収特性を低周波側に変更させる手段を取っている。

〔第 2 の実施例〕次に請求項 2 および請求項 8 に関連する、閉じた形状の線状素子を用いた一実施例を図 14、図 15 および図 16 に示す。図 14 に示す誘導性の環状導体の素子 (12) を電波吸収材料 (1) の表面に周期的に装着することによって、電波吸収材料 (1) が本来持っている整合特性を低周波域と高周波域で同時に双峰特性をもつように変更する実施例である。図 16 に示す整合特性は、環状導体の素子 (12) としてアルミ箔を用い、これを誘電体基板上に周期的に構成したものを図 15 に示すように重ね、2 層構造の環状導体素子 (13) を構成している。この基板つまりスペーサーとして

は、厚さ 1 mm、比誘電率 2 の無損失性の誘電体基板

(17) を用い、また電波吸収材料 (1) として、厚さ 6, 25 mm のゴムフェライトを用い、この表面に 2 層構造の環状導体素子 (13) を密着して電波吸収特性を変更した一実施例である。この実施例では、環状導体の素子 (12) として、正方形の一辺が 12 mm、導体幅  $a$  が 4 mm を有する一定の大きさの環状素子を用い、隣接環状導体素子間隔は 16 mm のものをコンピュータ解析から割り出し採用している。この図 16 の双峰特性は、特に電波暗室を構成している電波吸収体の基板フェライトに応用して、広帯域化を改善することに役立つ。この場合、2 層構造の環状導体素子 (13) を装荷した誘電体基板 (17) と電波吸収体材料 (1) との間に空気層を設けると、電波吸収特性が一段と改善される。さらに、この場合、環状の素子 (12) を同心的に 2 重、3 重のように平面的に描いたものを多重化することによって広帯域化が図れる。環状導体の素子 (12) はミリ波領域では細い線となるため集積回路技術を使うことで解決している。また請求項 3 は、上記のように線状素子に相当する環状導体の素子を 2 層構造とせず、1 層のものをを用い、素子の寸法、幅および隣接間隔を調節することによって、電波吸収材料 (1) が本来持っている電波吸収特性を低周波域に移動させるものである。この請求項 3 に対応する実施例を図 17 に示す。ここでは、電波吸収材料 (1) として、厚さ 2 mm で同図黒丸の実測値で示すように、本来約 4 GHz 近傍で整合が取れる誘電体に鉄粉を混入した高透磁率の磁性電波吸収材を用い、正方形の環状導体の素子として外形 5 mm、環状ループの幅 1, 3 mm、環状ループの隣接間隔 1 mm のアルミ箔を用いている。同図の白丸で示すように 2, 45 GHz の周波数領域で整合が取れ、実質薄層化が計られている。この場合、電波吸収材料として磁性材料を用いた本実施例では、比透磁率の実部および虚部が共に大きく、比誘電率の実部が大きい材料を用いて、効果的に電波吸収特性を低周波側に変更させる手段を適用している。なお、本実施例の環状導体の素子 (12) を誘電体基板上に周期的または非周期的に構成したものを電波吸収材料 (1) の中間や電波吸収材料 (1) と背面短絡板 (2) との間に介在させることによって、電波吸収特性を変更することが出来、これが請求項 9 の実施形態上の意味するところである。この実施例では、環状素子として正方形のものを示したが、円形、多角形なども用いることが出来る。さらに、これら環状素子を相互に電氣的に連結した素子を電波吸収体表層面に装着して実施すれば、電波吸収材に誘導性が大きく付与され、効果的に電波吸収特性変更できる。

〔第 3 の実施例〕次に請求項 4 に関する実施例を図 18、図 19 に示す。同図 18 に示すように、電磁波的には誘導性を示す線状格子の導体素子 (14) つまり線状の導体素子を、電波吸収材料 (1) の表面に装着し、電



波吸収体が本来持っている電波吸収特性を高周波域に変更する実施例である。本来 0.7 GHz 領域で整合が取れている材料の整合周波数が導体間隔  $b$  を図 19 に示すように調節することによって、高周波領域に変更できることを示している。なお、線状格子の線状導体素子 (14) の幅  $a$  は、1 mm であり、電波吸収材料としては、焼結フェライトを用いた場合の実施例である。

〔第 4 の実施例〕次に請求項 5 に関連した一実施例を図 20 に示す。これは、電波吸収体材料の表面に一定の形状の誘電体を部分的に装着し、この誘電体の占有率および誘電率を変えて、電波吸収特性を低周波領域に変更する方法である。図 20 は、一例として比誘電率 1000 の強誘電体を一辺 16 mm の正方形の薄片に作り、これを図 2 と同様にゴムフェライト電波吸収材料 (1) の表面に周期的に配列させて整合特性を変更した実施例である。この実施例では、強誘電体の正方形薄片の隣接間隔を図 20 に示すように、20 mm から 4 mm まで変化している。この場合、強誘電体の比誘電率および正方形薄片の寸法を大きくしてゆくと、さらに低周波域に整合特性を変更できる。また、請求項 6 の意味するところは、電波吸収体材料の表面に磁性材料を請求項 5 と同様に部分的に装着し、この磁性体の面積占有率および透磁率を変えても同様の効果を得るものである。

〔第 5 の実施例〕次に請求項 7 の一実施例を図 21、図 22 に示す。これは、請求項 1 ないし 6 における電波吸収体材料表面に装着する導体や誘電体、磁性体を多重周期構造に配置して、電波吸収特性を変更するものである。すなわち、図 21 に示すように、これら材料による微小な素子 (15) を周期的に構成し、一定の形状を形成し、この微小な周期構造から形成されるものを基本素子 (16) とし、この基本素子をさらに周期的に電波吸収材料 (1) 上に構成するという手段で、電波吸収特性を変更するというものである。これは、例えば、請求項 5 の電波吸収体上に装着する誘電体の誘電率と占有率をあらかじめ決定し、所定の整合特性が得られたものを、等価的に導体で実現するために有効である。つまり、一定の導電率を有する導体の微小な周期的な集合から成る基本素子 (16) の中の導体分布割合を調節して、一つの誘電体素子と等価な電気定数を持つ基本素子を構成する手段を提供するものである。一般に理論的に割り出された電気定数を持つ材料を実際に実現することは困難な場合が多い。請求項 7 は、電気定数を変更せず、一定の導電率を持つものの形態を変化させて等価な電気定数を実現して、この種の電波吸収体を構成するという発明である。なお、この基本素子を構成する材料の分布は、必ずしも周期的でなく点状に材料を装着したランダムな構成であってもよい。図 22 は導体による一辺 10 mm の正方形の微小素子 (15) の隣接間隔を 0.5 mm とし、正方形基本素子 (16) の一辺を約 31 mm に形成し、その隣接間隔は 2 mm とした整合特性例で、整合周

波数を本来のゴムフェライトの持つ 1.8 GHz から低周波域に変更している。

〔第 6 の実施例〕次に請求項 10 および 11 の一実施例をそれぞれ図 23、図 24 に示す。まず図 23 は、無損失性の誘電体基板 (17) 上に、導電性素子 (18) を部分的に装着した基板をあらかじめ複数枚構成し、各基板上的素子の寸法とこれらの基板相互の組み合わせを調節したものを重ね、多層化したもので電波吸収体材料部分 (19) を構成し、背面短絡板 (2) に密着させた場合である。図 28、図 29 にこの場合の実施例を示す。図 28 に示すように、導電性素子 (18) としては、マイクロ波帯を考えているため、図 14 に示す環状導体素子 (12) の幅  $a$  を 1.0 mm、素子の大きさ  $b$  を 8.0 mm から 11.0 mm まで変え、またこのときの素子相互の間隔  $c$  を、それぞれ 4 mm から 1 mm まで変えた場合の各微小素子を用い、これら各正方形の環状導体素子 (12) を誘電体基板 (17) 上に装着して 4 層に構成している。なおこの実施例では、基板相互の厚さは 2.5 mm で誘電体基板 (17) の比誘電率は 5.0 である。また、環状導体素子 (12) は極めて薄くアルミ箔を用いている。この場合、環状導体素子 (12) は背面導体板 (2) 側に進むにつれて、次第に大きくなるよう各層の環状導体素子 (12) の寸法を変更している。電波入射面の正面から正方形の環状導体素子 (12) を見込んだ場合、各環状導体素子 (12) の縁の内側に、一つ手前の環状導体素子 (12) が埋まるような寸法構成をとっている。つまり、電波入射面側に小さい正方形環状素子を基板上に装着し、背面導体板 (2) 側に進むにつれて大きな環状素子を配置している。いま図 29 に示すように、背面導体板 (2) 側に大きい環状導体素子 (12) を誘電体基板 (17) 上に装着しただけでは、低周波側だけで整合が得られ、次に上記規則性を保って、この環状導体素子 (12) より小さな環状導体素子 (12) を一定の基板間隔で電波入射面側向かってもう一層重ねると、より高周波側でも整合が取れるようになり、比較的低吸収率であるが双峰特性が得られる。さらに、この構成を繰り返すと、より高周波側でも整合が得られ、結局広帯域にわたり、多峰の整合特性が得られる。この多峰整合特性の周波数間隔を狭めるには、誘電体基板の間隔を狭めるかその誘電率を変える手段をとる。この環状素子を用いる理由は、微小で軽量であるため、誘電性基板として、ガラス材を用いれば光透過型電波吸収体を、また紙やビニール、木材板を用いれば壁面などの建材として利用できる。さらに、環状導体素子 (12) と面状の導体素子と組み合わせても良い。つぎに、図 24 は、無損失性基板の誘電体基板 (17) の内部に導電性粉末などを混入または蒸着などして透磁率特性を付与して構成したもので、請求項 11 の実施例である。本発明の意図するところは、実質的に従来の誘電性、磁性などの電波吸収材料を用いず、本来電波反射体

である銅、真鍮、ステンレス、アルミ箔のような高導電率の材料のみで電波吸収体を構成することにある。したがって、ここで記す無損失性の誘電体基板(17)とは、発砲スチロールのように比誘電率が1に近い低損失性のものであってよい。また、この誘電体基板として、ガラスや紙、ビニールなどの建材を用いることも可能である。また、これら請求項10および11の実施に際しては、図23、24における実施例の場合の背面短絡板(2)は、すでに公知のように必ずしも必要ではなく、また誘電体や低導電性の他の材料であってもよい。とくに、背面導体板(2)は、通常、銅板やアルミ材、鉄板など高導電率ものが使用される。しかし、この場合、磁性体、非磁性体に関わらず、これら材料が高導電率であれば、これらの材料面に外部から入射する振動磁界によって渦電流が発生し、これら材料外部の磁界分布を乱すという問題を生じる。したがって、従来のように電子機器の筐体これら高導電率材料を単純に使用することは、MRIを診断や計測に使う環境では好ましくない。つまり、MRIを使用する環境では、磁界分布を乱す要素を最小限度に抑える必要がある。このためMRIを使う医療環境の電子機器筐体材として、図28の背面導体板(2)の代わりに、低導電率のものをを用いて背面導体板(2)部を構成し、これに同図と同じように、環状導体素子(12)を設けた誘電体基板(17)とを組み合わせることで電波吸収体を構成し、電子機器の筐体材に使用することによって、筐体の外部磁界は乱さず、電子機器内部から発生するマイクロ波電波は吸収するという筐体材が構成できる。なお、この場合電波吸収材料(1)部は、必ずしも上記方法でなくても良い。このような電子機器筐体を考える場合など、電波吸収材料(1)の表面を絶縁性に保つ必要がある場合は、表面側の導体素子の代わりに、導体に等価な誘電体、特に強誘電体や他の絶縁性材料を導電性素子や環状導体素子(12)の代わりに用いることが出来る。

〔第7の実施例〕次に、請求項12に関連する実施例を図5に示す。このように電波吸収材(1)の電波入射側表面に装着した導体(6)と電波吸収材料の背面導体板

(2)とを結合した構造によって、電波吸収特性を低周波領域に大きく変更出来ることを示す。図6は、図1のストライプ状導体(3)を電波吸収体材料表面に密着させた場合で、同図5の電波吸収体の断面図に示すように、電波入射側の電波吸収体の表面に装着した導体と電波吸収体背面の導体板とを電氣的に結合した実験による実施例である。図6の反射減衰量の実測図において、Aはストライプ状導体無装荷時を、Bは幅4.7mmのストライプ状導体(3)を隣接間隔2mmでゴムフェライト材に密着し、かつ背面導体板と電氣的に結合した場合である。この処理をすることによって、効果的に整合周波数を低周波側に変更できる。これは、入射波電界がストライプ状導体(3)に直交する場合の実測特性であ

る。したがって磁界は、ストライプ状導体(3)と同方向である。このように電波吸収体の表面に本来電波反射体である表面側導体(6)を貼り付けて背面導体板

(2)に導体を電氣的に結合することは、電波入射側導体表面に発生する再放射界発生に寄与する電流の流れを変更することに相当し、電流が相殺または不規則に流れることによって、たとえ導体が存在しても、再放射界がほとんど発生しないという考え方に基づいている。この表面導体で発生した電流は結合部導体(7)を流れ背面に向かう途中で電波吸収材が減衰素子として機能し、殆ど減衰し背面導体に至らず、背面導体板(2)からの放射界も抑制することができる。本発明はこのような原理に基づいたものである。

〔第8の実施例〕次に、請求項13に関連する実施例を図25、図26、図27に示す。図25に示す十文字型導体素子(20)の先端部(21)を折り曲げ、これを図26の断面図に示すように、電波吸収材料の中に一部挿入したかん合型素子を電波吸収材に装着した場合で、電波吸収特性を低周波領域に変更する実施例である。ここでは、厚さ6.25mmのゴムフェライト電波吸収材を用いている。十文字型導体素子(20)の寸法は、長さbが5mm、導体幅aが2mmの線状素子における場合の実施例である。図27はこの実施例の整合特性を示したもので、実線が本発明の場合で点線が先端部を電波吸収材内部に挿入しない場合である。この実施例から明らかなように、十文字型導体素子(20)の先端部(21)を折り曲げ電波吸収材料(1)内の一部に挿入することによって、整合周波数を低周波領域へ大きく移動させることが出来る。この場合、電波吸収材料として磁性材料を用いた本実施例では、比透磁率の実部および虚部が共に大きく、かつ比誘電率の実部が大きい電波吸収材料を用いる手段とを併用することによって、より効果的に電波吸収特性を低周波側に変更させている。この実施例では、素子の先端部だけを電波吸収材料の内部に埋め込んでいるが、この考え方から明らかなように電波吸収材料の表層面に一定の形状の溝を設け、ここに一定の形状をした素子部を表面に一部出して埋め込み、素子の残りの部分を背面導体板に接触しないように埋め込んでも同じ特性が得られる。

〔第9の実施例〕次に図8および図9に、請求項15に関連する一実施例の電波吸収体を示す。同図8、9は、電波吸収体材料を電波入射側の背面側から見込んだ図である。図8は電波吸収体材料としてのゴムフェライトの表面に銀の粉末を接着性溶剤に溶かし導電性接着剤

(8)を作り、これを斑点状に不規則に分布させたものである。また、図9はこの導電性接着剤(8)をストライプ状に分布させた場合である。このように構成した電波吸収体材料を背面導体板(2)にこれら導体分布面が密着するように重ねて電波吸収体を構成している。この場合の整合特性の実測値を図10に示す。同図のFは導

電性接着材 (8) の分布を与えない場合で、実線は理論値、点線が実測値である。また、Gは、図8の場合、Hは図9のストライプ状に導電性接着剤 (8) を分布させた場合である。整合の中心周波数は、低周波領域に移行するが本手段を用いることによって整合特性が約 10 dB 程改善出来ている。この場合、電波吸収体材料の背面導体板に接触する面に導体を部分的に分布させることは、実質、背面導体板 (2) の直前における導電率の値を低下させることであり、これは一定の導電率を有する導体板に空孔を設け、導電率を低下させ、かつ厚さを調節して所定の導電率をもたせる手段を想起させる。このため、導体板に空孔を設けたものを電波吸収材料 (1) の背面部に密着させても同じ効果が得られる。なお、薄くスプレーや塗布、蒸着するとは、電波吸収体の背面導体板 (2) の導電率より低導電率のものを用いるということの意味している。請求項 15 の他の実施例として、高周波領域、例えば 4 GHz で整合が取れる電波吸収材料 (1) を用いて、電波吸収材料 (1) の背面に理論的に定めた導電率を持つ薄い導体板、つまり制御導体板と称するものを密着させ、かつ背面導体板 (2) と組み合わせると、大幅に低周波領域に整合特性が変更され、その上整合特性そのものも著しく改善される。この場合、電波吸収材料 (1) の背面に密着させる制御導体板材料の厚さと導電率とに関して最適な値が存在し、これを利用して、電波吸収特性を低周波側に大きく変更出来、その結果薄層化が可能となる。すなわち、単に制御導体板の導電率を背面導体板 (2) より低くするだけでなく、制御導体板の厚さも制御してはじめて効果的に特性が改善される。本発明の方法によれば、高い周波数で一定の厚さで整合がとれる吸収体ほど、吸収体の厚さを一定に保っても低周波領域に大きく移行するため、電波吸収体の薄層化が図れるという特徴がある。つまり、一般に高周波になればなるほど電波吸収体の厚さが薄くて済むからである。この場合の実施例を図 30 に示す。図 30 の d は、電波吸収体背面に密着する制御導体板の厚さ、 $\sigma$  は導電率である。同図に示すように d、 $\sigma$  の値には、最適な値が存在し、計算機支援解析でこの最適値を見つける手段を取っている。いまの場合、制御導体板の厚さ d を少しずつ厚くしてゆくと整合周波数が低周波側に移行する傾向を示す。したがって、電波吸収体背面に密着させる制御導体板を少しずつ厚くすることによって、低周波域へ整合特性を変更出来、この方法で所望の電波吸収周波数を実現し、さらに導電率を制御して電波吸収特性を最適化している。この電波吸収体の本来の電波吸収特性は、厚さ 2 mm で、4 GHz で約 -20 dB であるが、この厚さを保ったまま導電率と導体板の厚さを最適化することによって、800 GHz 程低周波域の 3.2 GHz に整合周波数が移行し、約 -47 dB と電波吸収特性を大幅に改善できる特性が得られている。また制御導体板の厚さも比較的薄くできる特徴がある。

〔第 10 の実施例〕 請求項 16 に関する一実施例について述べる。請求項 16 は通常の銅板や真鍮、ステンレス板のような一定の高導電率を有する導体板に空孔を設け、導電率を低下させ、かつ厚さを調節して、電波吸収特性を低周波領域に移行させ所望の電波吸収性を得るものである。一般に導電率を正確に制御した種々の材料を製造することは困難である。したがって、これは導体板に空孔を設け、導電率を低下させ、かつこの空孔導体板の厚さを制御して、電波吸収特性を低周波側に移し整合特性を改善する手段を取っている。この場合の空孔導体 (22) を用いた電波吸収体の構成方法を、電波吸収材料 (1) および背面導体板 (2) の部分図と共に図 31 に示す。また、この一実施例を図 32 および図 33 に示す。図 32 は、同図中の黒丸で示すように、本来 3.7 GHz で整合が取れる厚さ 2 mm の電波吸収体材料 (1) に、空孔導体 (22) として、一辺 a が 2.0 mm と 6 mm の正方形の空孔を設け、その空孔隣接間隔 b を、それぞれ 0.1 mm、2.0 mm とした場合の特性であり、電波吸収特性が大きく改善されている。整合中心周波数は 3.6 GHz に移っている。この場合の空孔一辺の長さ a と隣接空孔間隔 b の相互関係を求めたチャートを図 33 に示す。同図中の数字は反射係数を表している。同図から空孔間隔 b を 1.0 ~ 2.0 mm に定め、空孔一辺の長さ a を 15 mm 以上にとることで、3.6 GHz で反射係数が -40 dB 程度改善されることがわかる。

〔第 11 の実施例〕 次に請求項 17 の一実施例について述べる。図 34 は、電波吸収体材料 (1) の表面に、図 2 に示すような面状の導電性材料 (3) を周期的に装着し、かつ電波吸収体材料 (1) の背面部に空孔導体 (22) を密着させた場合である。この実施例は、測定試料を円盤状に作り 20 D 同軸管を用いた実験結果である。同図中の黒丸は、表面に面状導電性材料 (3) だけを装着した場合である。四角形と三角形印はそれぞれ、この面状導電性材料 (3) と共に直径 3.5 mm と直径 2 mm の空孔を、それぞれ 8 穴、4 穴、20 D 同軸管用の円盤状導体の中心部に設け、この空孔導体 (22) を併用した場合の電波吸収特性である。同図に示すように、電波吸収体材料 (1) の表面に、面状の導電性材料 (3) を単独に装着した場合よりも、一層電波吸収特性が改善されている。

〔第 12 の実施例〕 本発明は導電性材料や他の材料を電波吸収体表面や内部に介在させる構成を特徴としており、表面に導電性素子を装着する場合は、本来電波反射材である導体を電波吸収材の表面に装着しても電波吸収特性が劣化しないことに着目したものである。したがって、請求項 16 は、これら導電性材料に電流を流し、電波吸収体を加温し結露や氷結を防止する機能をもたせるものである。また、公知方法の形状記憶合金や形状記憶樹脂材などと電波吸収体を組み合わせ、電流を流

し加温することによって、結露や氷結を振り払うことが出来、屋外設置の電波吸収体の特性を一定に維持することが出来る。図 11 にその一実施例を示す。高発熱体であるニクロム線 (9) を巻きつけた形状記憶合金 (10) で発熱効率を高め、これを電波吸収材に埋設して構成している例である。この形状記憶合金 (10) を埋設すれば電波吸収特性は変るが、コンピュータ支援に基づく本願の請求項の内容を加味して、所望の周波数の整合特性を実現することが出来る。これは、結露や氷結を防止するためには、さほど高温にする必要がなく、この加温によって電波吸収体の特性が大きく劣化しないことに着目した発明である。

〔第 13 の実施例〕図 13 は、請求項 18, 19 に関連する一実施例で、電波吸収用磁性材料のスピンを部分的に制御して構成した電波吸収体の例である。電波吸収材 (1) は、部分的にスピンの制御されているため、部分的に材料定数が変化している箇所 (11) が存在し、結果的に単一材質の面的広がりを持つ電波吸収体と異なった電波吸収特性を付与させたものである。

〔第 14 の実施例〕請求項 23 に関連する実施例を図 35 に示す。同図は、ゴムフェライトのような材料を細長い円筒形紐状電波吸収材料 (23) に成型したものを、束ねて一体化し、これを紐の軸に直角に所定の厚さで切断して構成する電波吸収体の正面から見た断面図の一部である。この円筒半径を変更して、空隙部 (24) の大きさを調節して電波吸収特性を高周波側に変更する手段を取る。この場合、異なった電波吸収材料を複数用いる場合は、所定の分布規則にしたがって、これらを束ねて構成する手段で種々の電波吸収特性が実現出来る。なお、円筒形紐状電波吸収材料 (23) の隣接材料の厚さを違えて、周期的に凹凸を構成しても電波吸収特性を高周波側に移行できる。また請求項 24 は、請求項 23 のように構成した電波吸収体において、表面を薄い低誘電率の材料で覆う手段で、本来の電波吸収周波数を殆ど変えることなく、空隙部を塵埃の蓄積から保護し、経年変化を防止することが出来ることに関する発明である。これは、空孔電波吸収体一般に敷衍できる方法である。この場合の比誘電率は 1 ~ 10 程度である。図 36 は、公知の傾斜型スロットを設けたゴムフェライト電波吸収体の表面に 0.2 mm の誘電体膜を設けた一実施例を示している。ゴムフェライトに斜め 45 度に傾斜したスロットを設けた場合である。スロット幅 1 mm、長さ 8 mm、スロットの各先端相互間隔 3.5 mm である。図 36 には、ゴムフェライト電波吸収体単独の整合特性を点線で示してある。同図に示すようにスロットを設けた場合は、設けない場合に対して高周波側に電波吸収特性が移行する。しかし、電波吸収体に誘電体膜を設けると、比誘電率が小さい場合は、わずかに低周波域に電波吸収周波数が移行するだけである。解析によれば比誘電率が 1 ~ 10 の範囲以内であれば、誘電体膜の厚さにも依存

するが、空孔を設けたいずれのタイプの電波吸収体においても、周波数特性の低域側への移行はわずかであることが明らかになっている。したがって、誘電体膜を保護材として用いる場合は、比誘電率は 1 ~ 10 程度でよい。また、請求項 25 のように、誘電体材料で覆う手段で電波吸収特性を大きく低周波域に移行させるためには、比誘電率 20 ~ 100 以上であれば良い。これらの特性は、空孔を設けた電波吸収体一般に敷衍できる。なお、これら請求項 23, 24 に関しては、空隙部に上記性質を有する誘電体を埋め込む手段でも同等の効果が得られる。

【発明の効果】本発明は、電波吸収体の電波吸収特性を変更する発明であり、その変更法は電波吸収材料そのものの材料定数を変更するのではなく、電波吸収材料に装着する上述の各種素子の形態や電気定数を調節する手段で電波吸収特性を変更することに主眼に置いたものである。このため所望の電波吸収特性を持つ電波吸収材料を新たに製造する必要がなく、既存の電波吸収材に所定の素子パターンを装着するという簡単な方法が適用でき、電波吸収材が有効に利用できるという効果がある。さらに、フェライト材を用いた実施例から明らかなように、低周波域と高周波域で双峰特性や多峰特性の電波吸収特性が得られることから、フェライトを基板材料とする電波暗室内において、低周波域の特性と高周波域で電波吸収特性を改善出来るという効果がある。また、本願の電波吸収特性変更方法は、材料定数を精密に制御する必要がなく、単に電波吸収材料上に装着する素子の形状パターン寸法を変更するだけであることから、とくにミリ波領域の電波吸収体設計に応用して効果的である。さらに、電波吸収材料表層面に装着する素子は線状や面状に描くことが出来ることから、着色して素子パターンに装飾機能を与えて描くことも出来、室内用電波吸収体として有効となる。また、自動料金収受システム (ETC) 等、屋外に設置される電波吸収体は結露や氷結によって電波吸収特性が劣化するという問題がある。表層面に導体を装荷して電波吸収特性を変更したり、改善したり出来る本発明は、とくに発熱性の導体を用いれば、この導体に電流を流し加温することや、また形状記憶合金などを用い電波吸収体の変形を一時的に繰り返すことで、結露や氷結という除去できるという効果を有する。さらに、電波吸収材表面の導電性材料と同吸収体背面板である導体材とが電氣的に結合できることから、電波吸収体表面や裏面からホチキス材のようなものを打ち込み、比較的簡単に多層電波吸収体を強化でき、接着剤の劣化による多層電波吸収体の剥離の問題を解決出来るという効果がある。電波吸収体表面に表面に導体素子を分布させ、かつ電波吸収材料背面側に導電率と厚さを制御した空孔導体を併用すれば、一層電波吸収特性が改善されるという効果がある。また、磁性体のスピンの配向を部分的に制御したり、電波吸収用の磁性材料に静磁界で磁化さ

れた磁性材料を部分的に混入した電波吸収材を製造する手段で、部分的に透磁率の異なる材料を実現したものは、単に電波吸収体の電波吸収特性を変更もしくは改善するのみならず、集積回路基板やEMC対策部品としても応用出来実施してその効果は大きい。また、本願では一実施例を記述したもので、本発明の原理に従い、低周波からミリ波領域での電波吸収体への応用や、相互の組み合わせによる種々の変形実施も可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による電波吸収体材料表面に導体を装荷した場合の一構成例を示す図。

【図 2】本発明による電波吸収体材料表面に導体を装荷した別の構成例を示す図。

【図 3】図 1 の構成例における電波吸収体の理論解析特性。

【図 4】図 1 の構成例における電波吸収体の実測値と理論値の比較。

【図 5】表面導体と背面導体を電氣的に結合した場合の電波吸収体の構成例を示す断面図。

【図 6】ストライプ状表面導体と背面導体を電氣的に結合した場合の電波吸収特性。

【図 7】格子状表面導体と背面導体を電氣的に結合した場合の電波吸収特性。

【図 8】電波吸収体材料の背面導体接触面側に導電性材料を斑点状に接着した電波吸収材の構成例。

【図 9】電波吸収材の背面導体接触面側に導電性材料をストライプ状に接着した電波吸収材の構成例。

【図 10】上図 8, 9 の場合の電波吸収体材料を背面導体板に密着させた場合の電波吸収特性の理論解析特性。

【図 11】結露、氷結防止のため形状記憶合金を装荷した電波吸収体の構成例。

【図 12】形状記憶合金に発熱性材料を巻き付けた発熱体の一実施例。

【図 13】電波吸収用磁性材料のスピンの部分的に制御して構成した電波吸収体の構成を説明する図。

【図 14】環状導体素子を用いて電波吸収体を構成した一実施例。

【図 15】二層構造の環状導体素子を用いた電波吸収体の構成例を示す断面図。

【図 16】双方特性を示す整合特性の例。

【図 17】環状導体素子を用いた場合の実験による整合特性。

【図 18】格子状の導体素子を装着した電波吸収体。

【図 19】格子状の導体素子を装着した場合の整合特性

の一実施例。

【図 20】誘電体素子を装着した場合の整合特性。

【図 21】多重周期素子からなる電波吸収体の一構成例。

【図 22】多重周期素子からなる電波吸収体の整合特性。

【図 23】誘電体基板と導電性素子から成る電波吸収体の構成例。

【図 24】誘電体基板と導電性素子から成る電波吸収体の誘電体基板に導電性粉末を混入したと構成例。

【図 25】十文字素子を装着した電波吸収体の一構成例。

【図 26】十文字素子の先端部の一部を電波吸収材に挿入した実施例。

【図 27】十文字素子を装着した場合の整合特性。

【図 28】環状素子を多層化した電波吸収体の構成例。

【図 29】環状素子を多層化した電波吸収体の特性例。

【図 30】制御導体板を用いた電波吸収体の特性例。

【図 31】空孔導体板を用いた電波吸収体の構成方法。

【図 32】空孔導体を用いた電波吸収特性の例。

【図 33】空孔導体を用いた電波吸収特性を示すチャートの例。

【図 34】面状の導電性材料と空孔導体を併用した場合の電波吸収特性の例。

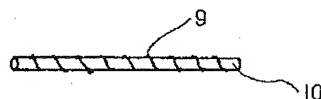
【図 35】円筒形紐状電波吸収材料を用いた電波吸収体の構成方法。

【図 36】空孔を設けた電波吸収体表面に誘電体膜を層化した場合の電波吸収特性の例。

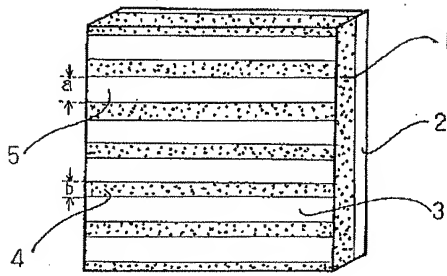
#### 【符号の説明】

1 — 電波吸収材料、 2 — 背面導体板、  
3 — 導電性材料、 4 — 隣接導電性材料間の間隔  
b、 5 — ストライプ状の導電性材料の幅 a  
6 — 電波入射側表面に装着した導体、 7 — 結合部  
導体、 8 — 導電性接着剤  
9 — ニクロム線、 10 — 形状記憶合金、  
11 — 部分的に材料定数が変化している箇所、  
12 — 環状導体素子、 13 — 二層構造の環状導体素子、  
14 — 線状格子の導体素子、  
15 — 微小な素子、 16 — 基本素子、  
17 — 電体基板 18 — 導電性素子、  
19 — 電波吸収体材料部分、 20 — 十文字型導体素子、  
21 — 十文字型導体素子の先端部、  
22 — 空孔導体、 23 — 円筒形紐状電波吸収材料、  
24 — 空隙部。

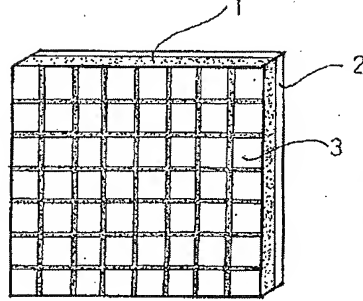
【図 12】



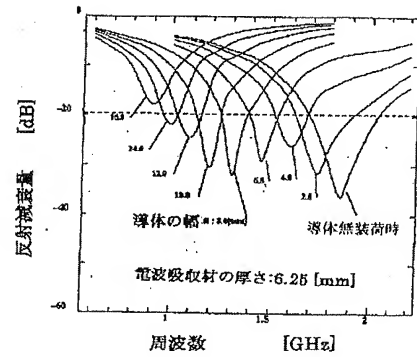
【図 1】



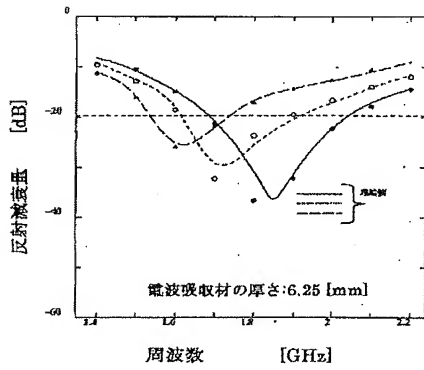
【図 2】



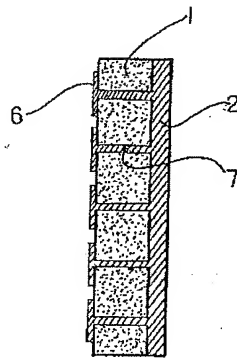
【図 3】



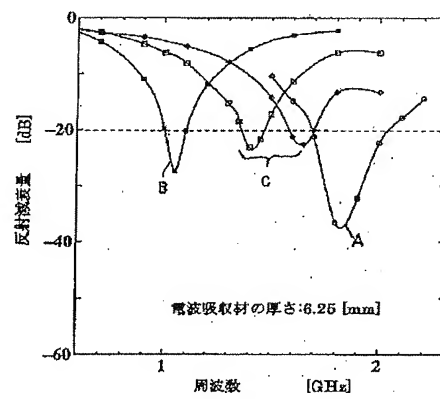
【図 4】



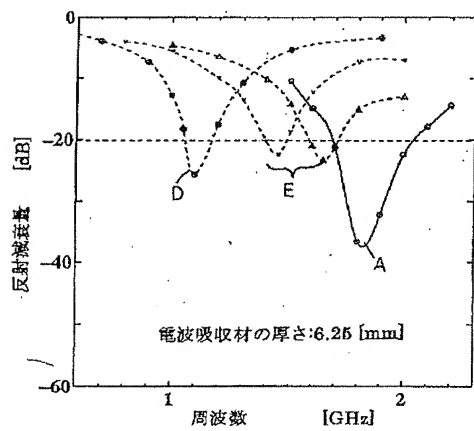
【図 5】



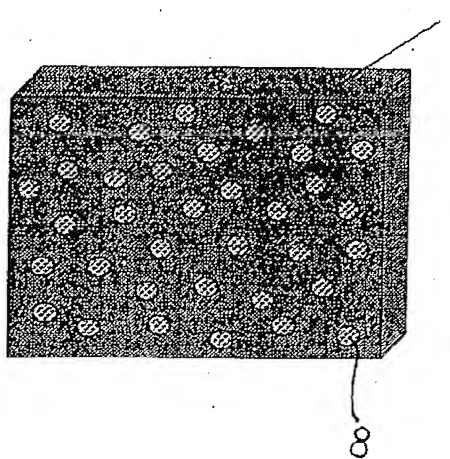
【図 6】



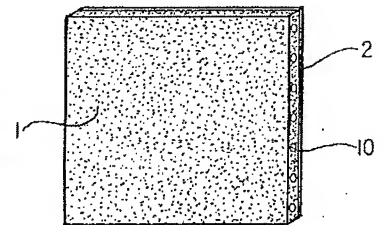
【図 7】



【図 8】

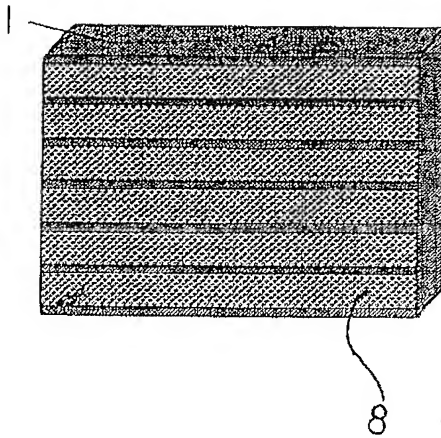


【図 11】

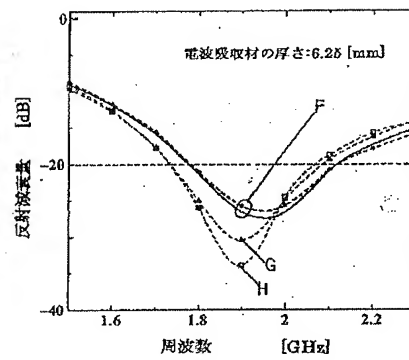




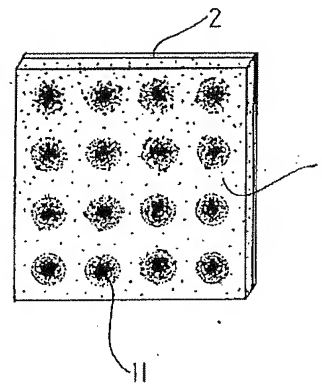
【図 9】



【図 10】



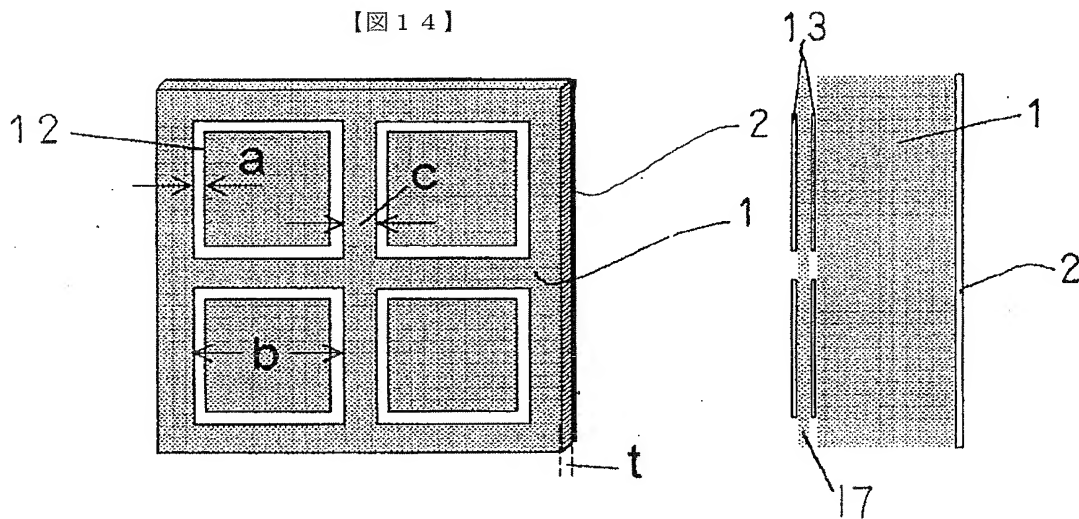
【図 13】



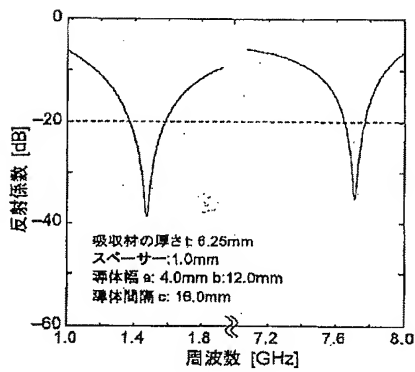
【図 15】

【図 24】

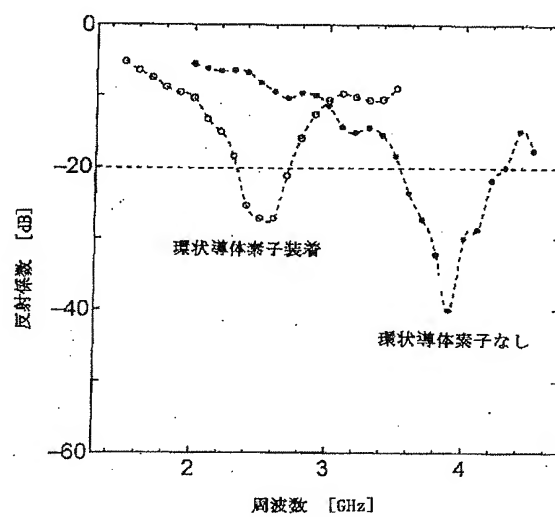
【図 14】



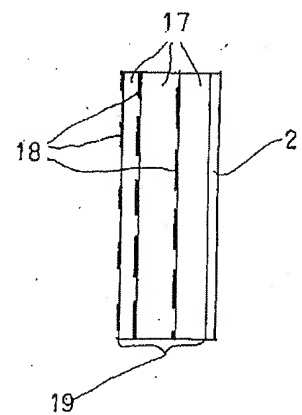
【図 16】



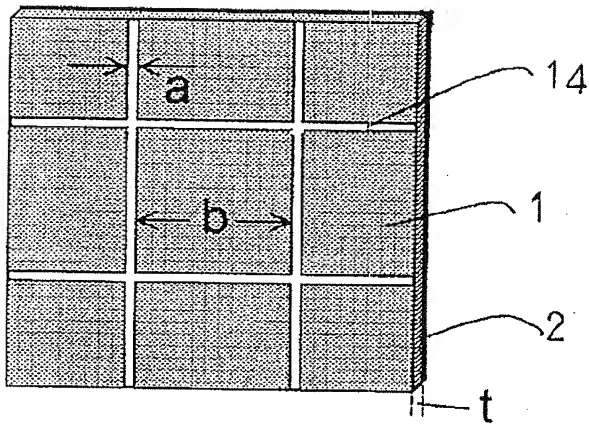
【図 17】



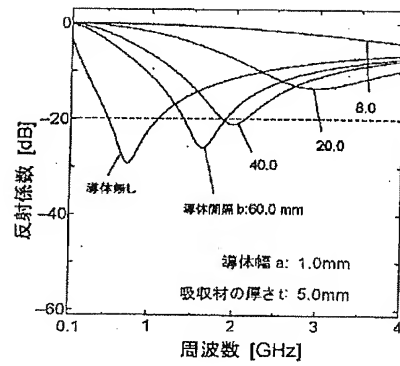
【図 23】



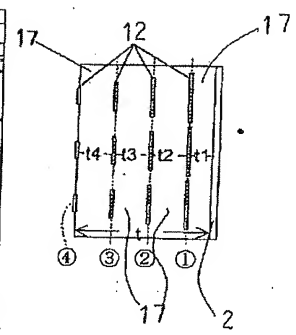
【図 18】



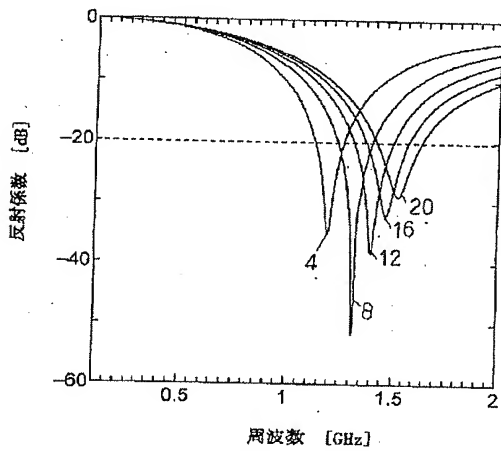
【図 19】



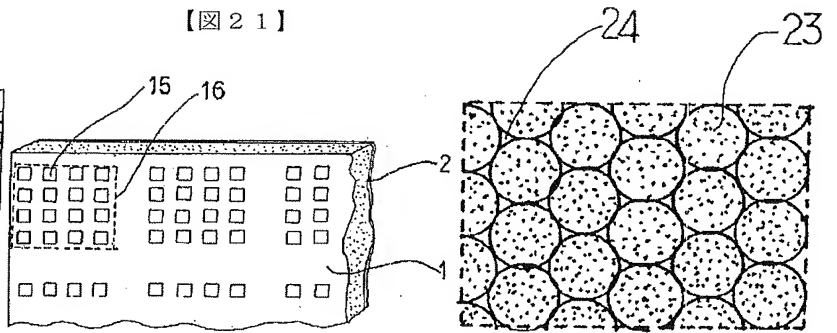
【図 28】



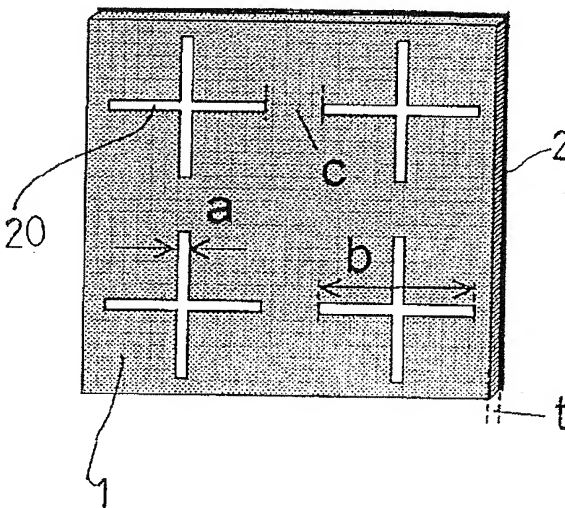
【図 20】



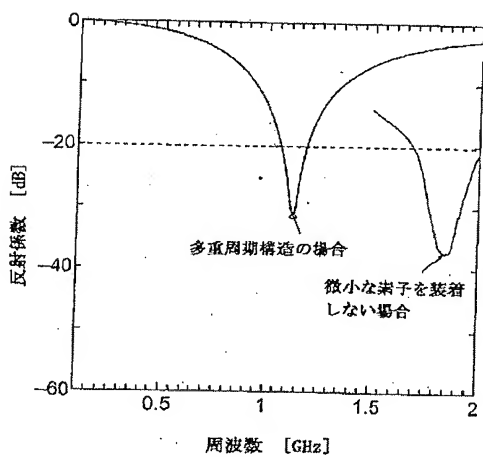
【図 21】



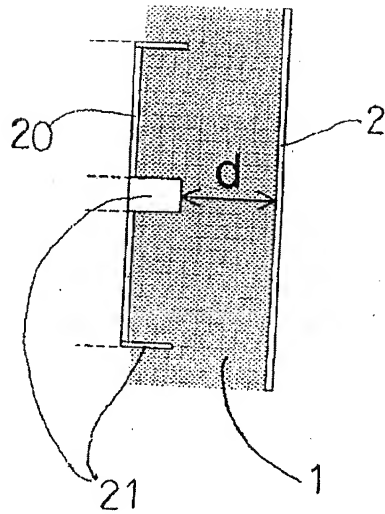
【図 25】



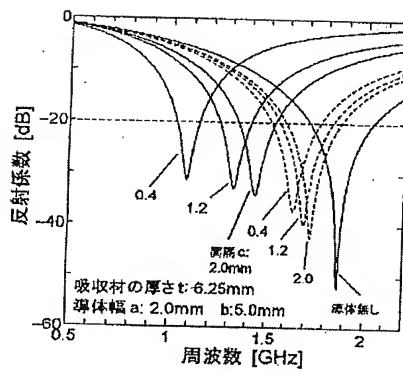
【図 22】



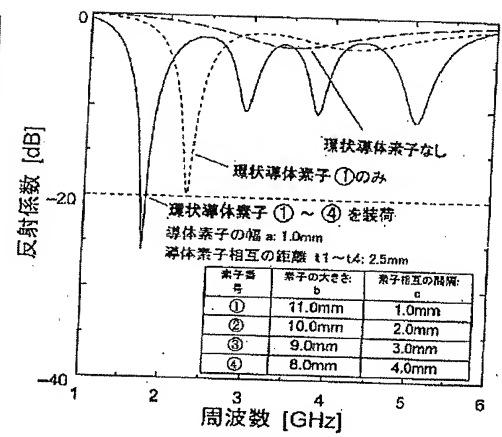
【図 26】



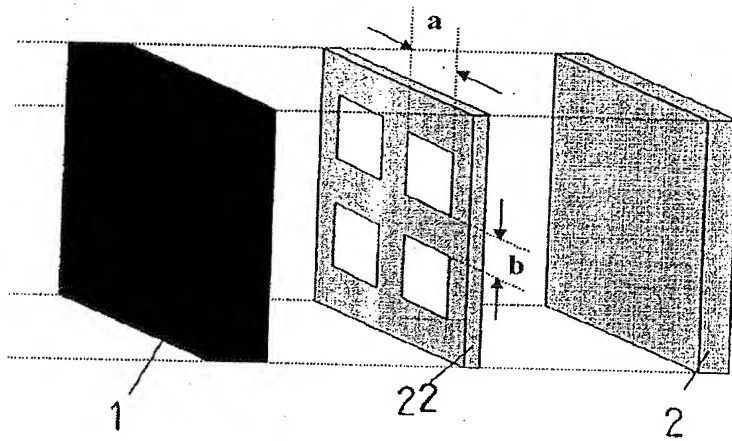
【図 27】



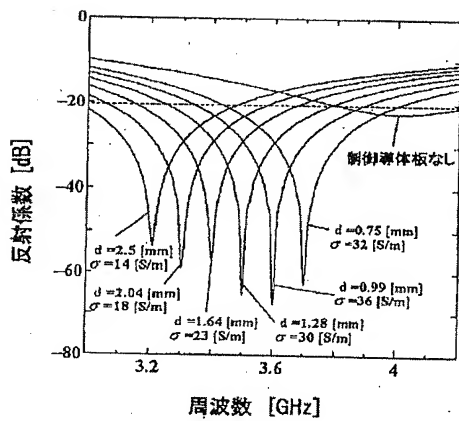
【図 29】



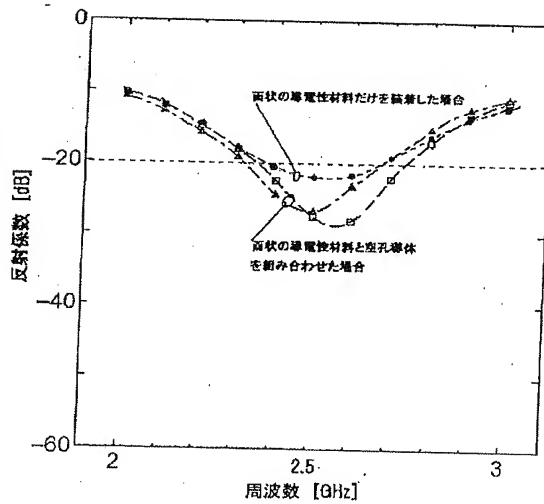
【図 31】



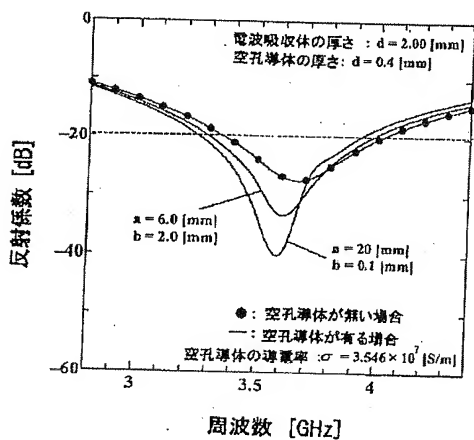
【図 30】



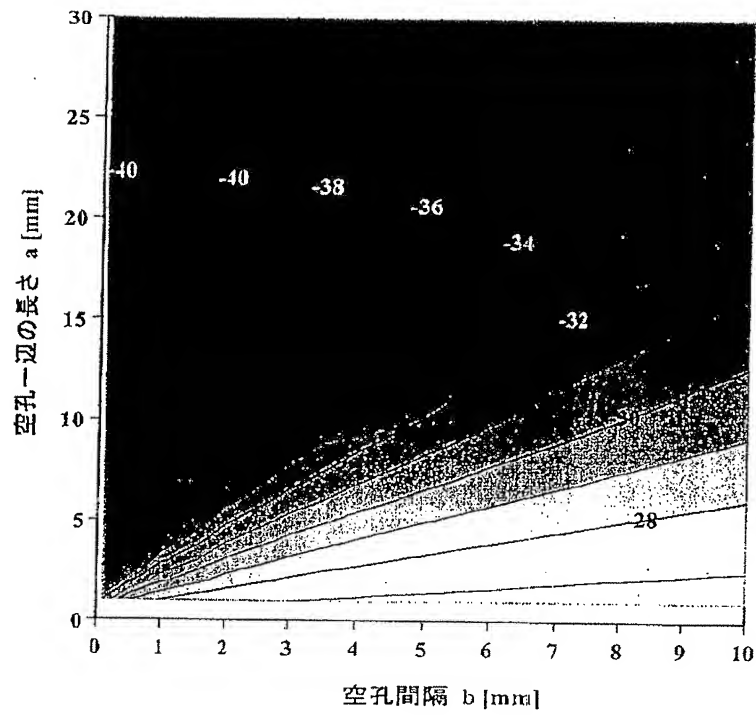
【図 34】



【図 32】



【図 33】



【図 36】

